

Apéndice 2: Aireadores y Parámetros de Eficiencia en Haciendas Camaroneras

En esta sección incorporaremos el análisis del primer factor de eficiencia para distintos modelos de aireadores: su eficiencia energética.

1. Eficiencia Energética de los Aireadores

Con base en las especificaciones de los motores, obtenidas de los catálogos de venta de los proveedores, se determinó la potencia de cada aireador, expresada inicialmente en HP. Esta potencia fue convertida a kilovatios (kW) para facilitar el cálculo de costos energéticos.

Partiendo de una eficiencia estándar de los motores del 90% (0.9), y considerando que los aireadores operan en promedio 11 horas diarias en las haciendas camaroneras, se calcularon los costos anuales de energía eléctrica. Este cálculo se realizó utilizando el precio promedio del kWh en Ecuador, proporcionando una base económica sólida para evaluar el impacto energético de cada modelo.

1.2. Costo Total de Propiedad

El costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) para un aireador se obtuvo al sumar los siguientes componentes:

1. **Costos iniciales:** Incluyen el precio FOB (Free on Board) y los aranceles aplicados.
2. **Costos energéticos anuales:** Calculados a partir de la eficiencia energética, las horas de operación diarias y el precio del kWh.

Estos elementos permiten estimar el costo integral de operar cada aireador a lo largo de su vida útil, proporcionando una comparación detallada entre modelos.

1.3. Vida Útil y Frecuencia de Reemplazo

Adicionalmente, se recopiló información reportada por las haciendas camaroneras sobre la durabilidad de los modelos de aireadores. Los datos indican una marcada diferencia entre modelos de gama baja y gama alta:

- **Modelos de gama alta:** Vida útil de hasta 6 años, reduciendo la necesidad de reemplazos frecuentes.
- **Modelos de gama baja:** Vida útil de aproximadamente 2 años, lo que implica gastos recurrentes por importación y aranceles, a pesar de su menor costo inicial.

Estas diferencias en durabilidad tienen un impacto directo sobre los costos operativos a largo plazo, favoreciendo la inversión en modelos más duraderos.

2. Cálculo del Costo Anual de Energía para Cada Aireador

Para estimar el costo anual de energía asociado al funcionamiento de cada aireador, se usaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Potencia (kW)} = \text{Potencia (HP)} \times 0.746$$

$$\text{Consumo horario (kWh)} = \frac{\text{Potencia (kW)}}{\text{Eficiencia}}$$

$$\text{Consumo anual (kWh)} = \text{Consumo horario (kWh)} \times 11 \times 365$$

$$\text{Costo anual (USD)} = \text{Consumo anual (kWh)} \times \text{Costo por kWh (USD)}$$

Estos cálculos fueron aplicados a cada modelo de aireador en el conjunto de datos, permitiendo determinar su impacto económico anual en términos de consumo energético:

```
In [55]: # Calcular el consumo kWh y el costo anual de energía
costo_kwh = 0.06 # Costo promedio del kWh en USD para Ecuador
horas_diarias = 11 # Horas de operación diaria
eficiencia = 0.9 # Eficiencia estándar del motor

def calcular_consumo_y_costo(hp):
    potencia_kw = hp * 0.746 # Convertir HP a kW
    consumo_kwh = potencia_kw / eficiencia # Consumo horario en kWh
    total_kwh = consumo_kwh * horas_diarias * 365 # Consumo anual en kWh
    costo_anual = total_kwh * costo_kwh # Costo anual de energía
    return consumo_kwh, total_kwh, costo_anual

# Aplicar el cálculo a cada fila
aireadores_df[["consumo_kwh", "total_kwh", "costo_anual"]] = aireadores_df["potencia_hp"].apply(
    lambda hp: pd.Series(calcular_consumo_y_costo(hp))
)

# Redondear los valores a 2 decimales
aireadores_df = aireadores_df.round(2)

muestra = aireadores_df[["modelo", "potencia_hp", "total_kwh", "costo_anual"]].head(12)

# Hago la tabla
tabla_aireadores = style + muestra.to_html(
    index=False, justify="center", classes="table table-striped table-bordered"
)

display(HTML(tabla_aireadores))
```

modelo	potencia_hp	total_kwh	costo_anual
csc-816	4.0	13311.96	798.72
yl-3	4.0	13311.96	798.72
yc-3.0_16	4.0	13311.96	798.72
yc-3.0	4.0	13311.96	798.72
csc-812	3.5	11647.96	698.88
yc-2.2_12	3.5	11647.96	698.88
yl-2.2	3.0	9983.97	599.04
yc-1.5_6	3.0	9983.97	599.04
csc-808	3.0	9983.97	599.04
yc-2.2	3.0	9983.97	599.04

3. Razonamiento para comparar la tasa de interés máxima al financiar un b-209 vs. un pa-112

Vamos a calcular y comparar los costos totales de propiedad para ambos modelos, considerando que:

Modelo b-209:

- **Costo inicial:** \$1,158
- **Duración:** 6 años (se cambia 2 veces en 12 años)
- **Costo energético anual:** \$400

Modelo pa-112:

- **Costo inicial:** \$667
- **Duración:** 2 años (se cambia 6 veces en 12 años)
- **Costo energético anual:** \$400

Ambos costos se ajustan por una inflación anual del 3%. Ahora analizamos los costos en detalle:

3.1. Cálculo del costo total para el modelo b-209

Años 0-12:

- **Costo inicial (año 0):** \$1,158
- **Costo de reemplazo (año 6):** $1,158 \times (1 + 0.03)^6 \approx 1,380.49$
- **Costo energético anual (12 años):** $\sum_{i=0}^{11} 400 \times (1 + 0.03)^i \approx 5,713.26$

Costo total b-209: $1,158 + 1,380.49 + 5,713.26 = 8,251.75$

3.2. Cálculo del costo total para el modelo pa-112

Años 0-12:

- **Costo inicial (año 0):** \$667
- **Costos de reemplazo:** Se cambia 5 veces (años 2, 4, 6, 8, 10). Cada reemplazo se ajusta por inflación:

$$667 \times (1 + 0.03)^2 \approx 708.47$$

$$667 \times (1 + 0.03)^4 \approx 752.76$$

$$667 \times (1 + 0.03)^6 \approx 799.71$$

$$667 \times (1 + 0.03)^8 \approx 849.46$$

$$667 \times (1 + 0.03)^{10} \approx 902.10$$

$$\text{Total Reemplazos: } 708.47 + 752.76 + 799.71 + 849.46 + 902.10 \approx 4,012.50$$

- **Costo energético anual (12 años):** 5,713.26

Costo total pa-112:

$$667 + 4,012.50 + 5,713.26 = 10,392.76$$

3.3. Cálculo de la tasa de interés máxima

Si se financia el b-209 (con un costo inicial de \$1,158) para evitar la "sangría de caja" causada por pagar al contado múltiples pa-112, se calcula la tasa de interés máxima anual que se puede pagar:

- **Costo financiado (pa-112):** \$10,392.76
- **Costo contado (b-209):** \$8,251.75
- **Horizonte:** 12 años

La fórmula para la tasa de interés máxima es:

$$(1 + r)^{12} = \frac{\text{Costo financiado}}{\text{Costo contado}}$$

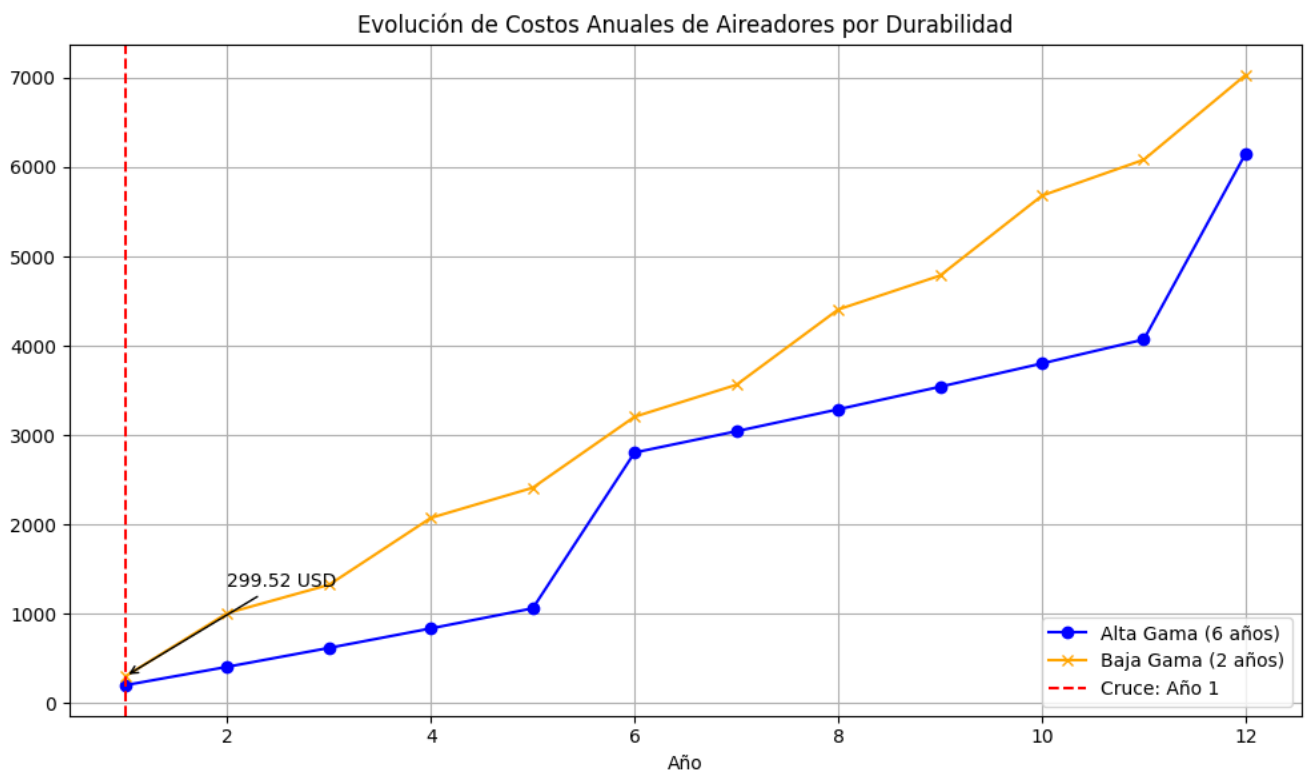
Resolviendo para r:

$$r = \left(\frac{10,392.76}{8,251.75} \right)^{\frac{1}{12}} - 1 \approx 1.94\%$$

- **Costo total b-209:** \$8,251.75
- **Costo total pa-112:** \$10,392.76
- **Tasa máxima de interés anual para financiar el b-209: 1.94%**

Esto significa que, al financiar el b-209, siempre que la tasa de interés anual sea **menor o igual a 1.94%**, sería más conveniente optar por financiar este modelo en lugar de comprar al contado múltiples pa-112. Sin embargo, este modelo considera estrictamente costos directamente observables, como aranceles y consumo energético.

Aquí aplicamos el cálculo para todos los modelos de la muestra:



modelo	costo_anual	2024_cif_unit	2024_advalorem_unit	ctp
ka501-50	99.84	875.56	43.78	4320.55
ka101-50	199.68	1330.29	66.52	5697.14
ka102-50	199.68	1362.91	68.15	5764.34
b-603	299.52	405.99	10.80	6951.60
b-601	299.52	470.48	5.46	7369.18
yc-1.5	399.36	373.26	18.97	7976.40
b-209	399.36	1229.71	33.70	8209.76
pa-112	399.36	686.98	45.27	10336.61
pa-308	599.04	1285.17	26.30	11114.83
yc-2.2	599.04	577.08	44.90	12206.45
csc-816	798.72	949.86	85.59	14427.69

Resultados Destacados

Costo total de propiedad promedio (Alta Gama):

\$7,696.52

Costo total de propiedad promedio (Baja Gama):

\$8,968.05

Tasa de interés anual máxima: 1.28%

4. Análisis Preliminar

Si, por ejemplo, agregamos otros componentes a la ecuación, como el costo de oportunidad—conocido como el "costo invisible" para los economistas—medido por el diferencial en productividad que un aireador de alta gama proporciona en comparación con uno de baja gama, y sumamos el elevado riesgo de interrupción en la cadena de suministros cuando es necesario realizar un reemplazo, especialmente si este es causado por un fallo no anticipado del equipo, junto con los costos logísticos asociados a la aduana y transporte en casos de compras previstas para aireadores menos durables, encontramos una disparidad aún mayor entre ambos modelos de aireador.

Por ende, una tasa de interés que considere no solo las partidas contables, sino también la propensión al riesgo de los inversionistas de la camaronera y la frontera eficiente de Pareto, tenderá a ser significativamente más alta para equiparar ambos modelos.

Para determinar el verdadero valor de la inversión, utilizaremos datos obtenidos de exportadores, como ingresos totales y cantidades exportadas, así como indicadores clave en la acuicultura, como el SAE del aireador, tiempo de engorde del camarón, toneladas de producto por hectárea y los beneficios de escala en expansiones extensivas frente a intensivas. Esto permitirá identificar el límite donde el aumento del tamaño de la hacienda

deja de incrementar la rentabilidad de la operación. De esta manera, será posible analizar el incremento esperado de ingresos derivado de inversiones en eficiencia, como el uso de aireadores de alta gama.